

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-151601

(43)Date of publication of application : 23.05.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/10

(21)Application number : 2001-347337

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 13.11.2001

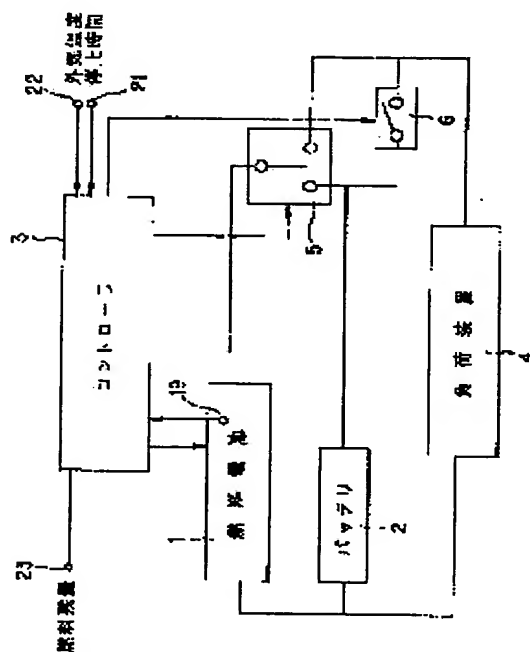
(72)Inventor : MIYAZAWA ATSUSHI
TAKEGAWA TOSHIHIRO

(54) FUEL CELL SYSTEM AND ITS STOP METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent freezing of a fuel cell during system stop without heating or restarting the fuel cell.

SOLUTION: When a fuel cell system is stopped, a controller 3 restricts the flow rate of a coolant to the fuel cell 1 to lower the cooling of the fuel cell 1, continues the operation of the fuel cell 1, and conducts temperature raising to raise the temperature of the fuel cell by utilizing the heat generated in the electrochemical reaction of the fuel cell 1, and stops the operation of the fuel cell 1 after the temperature of the fuel cell 1 is raised to the specified high temperature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.11.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2005-24819

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.12.2005

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-151601

(P2003-151601A)

(43)公開日 平成15年5月23日(2003.5.23)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 M 8/04
8/10

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04
8/10

テ-マコ-ト*(参考)

Y 5 H 0 2 6
5 H 0 2 7

審査請求 有 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-347337(P2001-347337)

(22)出願日 平成13年11月13日(2001.11.13)

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 宮澤 篤史

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 竹川 寿弘

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74)代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜 (外1名)

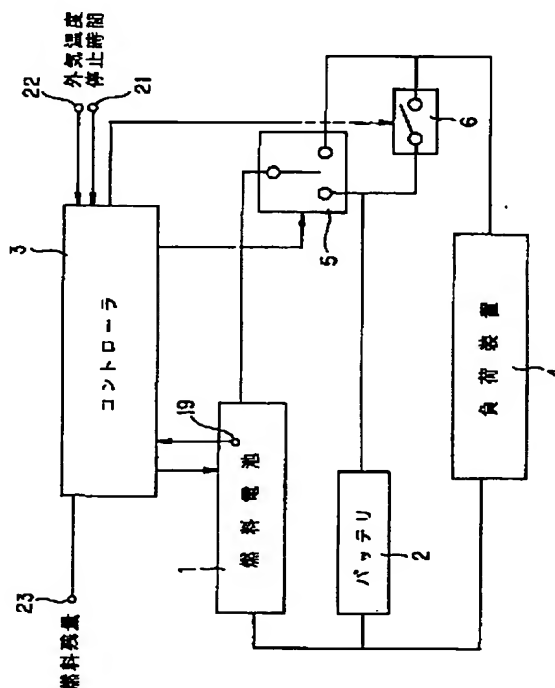
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池システム及びその停止方法

(57)【要約】

【課題】 システム停止中に燃料電池の加熱や再起動を行うことなく燃料電池の凍結を防止する。

【解決手段】 燃料電池システムを停止する際、コントローラ3は燃料電池1への冷却剤流量を絞って燃料電池1の冷却性能を低下させるとともに燃料電池1の運転を継続させ、燃料電池1における電気化学反応による発熱を利用して燃料電池1の温度を上昇させる昇温処理を行う。そして、燃料電池1の温度が所定の高温まで上昇した後に燃料電池1の運転を停止させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記電気化学反応による発熱を冷却する冷却手段と、システムを停止する際、前記冷却手段の冷却性能を低下させるとともに前記燃料電池を継続運転させ、前記電気化学反応による発熱を利用して前記燃料電池の温度を上昇させる昇温処理手段と、前記燃料電池の温度が上昇した後に前記燃料電池の運転を停止させる停止手段と、を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】前記燃料電池の温度を検出する手段を備え、前記停止手段は、前記燃料電池の温度が所定の高温に達したときに前記昇温処理を停止させることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】前記停止手段は、前記昇温処理の継続時間から前記燃料電池の温度が所定の高温に達したと判断されるときに前記昇温処理を停止させることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】前記燃料電池の外気温度を検出する手段を備え、前記所定の高温は外気温度が低くなるほど高く設定されることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】前記昇温処理手段は、燃料残量を全て使用しても前記燃料電池の温度を前記所定の高温まで高めることができないときは前記昇温処理を行わないことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれかひとつに記載の燃料電池システム。

【請求項 6】システムの停止後次に起動されるまでの停止時間を入力する手段と、燃料電池温度と外気温度とに基づきシステム停止後前記燃料電池が凍結するまでの時間を予測する手段と、を備え、前記昇温処理手段は、前記停止時間が予測された凍結までの時間よりも短いときは前記昇温処理を行わないことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかひとつに記載の燃料電池システム。

【請求項 7】充電機能を持った 2 次電池を備え、前記昇温処理によって前記燃料電池が発電する電力を前記 2 次電池に充電することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 8】前記燃料電池が、固体高分子型燃料電池セルあるいはリン酸型燃料電池セルで構成されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかひとつに記載の燃料電池システム。

【請求項 9】電気化学反応により発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムの停止方法において、システムを停止する際、前記燃料電池の冷却手段の冷却

性能を低下させるとともに前記燃料電池を継続運転させ、前記電気化学反応による発熱を利用して前記燃料電池の温度を上昇させ、前記燃料電池の温度が上昇した後に前記燃料電池の運転を停止させる、ことを特徴とする燃料電池システムの停止方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は燃料電池システム及びその停止方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】水素と酸素の化学反応から生じるエネルギーを利用して発電を行う燃料電池の中には固体高分子型燃料電池のように、燃料電池を機能させるために燃料電池の加湿が必要なものがある。また、燃料電池自体が発電時に発熱を伴うことから、燃料電池を冷却水等によって冷却する冷却システムが必要となる。

【0003】このような燃料電池を備えた燃料電池システムは、停止状態で氷点下で放置すると電池内の水分や冷却水が凍結してしまい、故障の原因となったり、再起動させる際の支障となったりするため、燃料電池の凍結を防止する方法が種々提案されている（特開平7-169475号、特開平11-214025号等）。

【0004】

【発明が解決しようとしている問題点】しかし、従来の方法はいずれも燃料電池温度が低下した場合や外気温度が低下した場合に、燃料電池をバーナー等で外部から加熱したり、燃料電池を自動的に再起動したりするものであり、システム停止中にこれらの処理が運転者の意思と無関係に自動的に行われるのは安全性等の観点からあまり好ましいことではない。

【0005】本発明は、かかる技術的課題を鑑みてなされたものであり、上記システム停止中に燃料電池の加熱や再起動を行うことなく燃料電池の凍結を防止することを目的とする。

【0006】

【問題点を解決するための手段】第1の発明は、燃料電池システムにおいて、電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記電気化学反応による発熱を冷却する冷却手段と、システムを停止する際、前記冷却手段の冷却性能を低下させるとともに前記燃料電池を継続運転させ、前記電気化学反応による発熱を利用して前記燃料電池の温度を上昇させる昇温処理手段と、前記燃料電池の温度が上昇した後に前記燃料電池の運転を停止させる停止手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0007】第2の発明は、第1の発明において、前記燃料電池の温度を検出する手段を備え、前記停止手段が、前記燃料電池の温度が所定の高温に達したときに前記昇温処理を停止させることを特徴とするものである。

10

20

30

40

50

【0008】第3の発明は、第1の発明における停止手段が、前記昇温処理の継続時間から前記燃料電池の温度が所定の高温度に達したと判断されるときに前記昇温処理を停止させることを特徴とするものである。

【0009】第4の発明は、第2または第3の発明において、前記燃料電池の外気温度を検出する手段を備え、前記所定の高温度は外気温度が低くなるほど高く設定されることを特徴とするものである。

【0010】第5の発明は、第2から第4の発明における昇温処理手段が、燃料残量を全て使用しても前記燃料電池の温度を前記所定の高温まで高めることができないときは前記昇温処理を行わないことを特徴とするものである。

【0011】第6の発明は、第1から第5の発明において、システムの停止後次に起動されるまでの停止時間を入力する手段と、燃料電池温度と外気温度とに基づきシステム停止後前記燃料電池が凍結するまでの時間を予測する手段とを備え、前記昇温処理手段が、前記停止時間が予測された凍結までの時間よりも短いときは前記昇温処理を行わないことを特徴とするものである。

【0012】第7の発明は、第1から第6の発明において、充電機能を持った2次電池を備え、前記昇温処理によって前記燃料電池が発電する電力を前記2次電池に充電することを特徴とするものである。

【0013】第8の発明は、第1から第7の発明における燃料電池が、固体高分子型燃料電池セルあるいはリン酸型燃料電池セルで構成されることを特徴とするものである。

【0014】第9の発明は、電気化学反応により発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムの停止方法において、システムを停止する際、前記燃料電池の冷却手段の冷却性能を低下させるとともに前記燃料電池を継続運転させ、前記電気化学反応による発熱を利用して前記燃料電池の温度を上昇させ、前記燃料電池の温度が上昇した後に前記燃料電池の運転を停止させることを特徴とするものである。

【0015】

【作用及び効果】したがって、本発明に係る燃料電池システムにおいては、システムを停止させる際に、燃料電池の冷却性能を低下させるとともに燃料電池の継続運転させ、燃料電池内で行われる電気化学反応の反応熱を利用して燃料電池の温度が高められる。そして燃料電池を昇温させた後にシステムが停止される（第1、第9の発明）。このように、システム停止時に燃料電池の温度を予め上昇させておくことで、システム停止時に燃料電池が凍結を起こすまでの時間を延ばすことができ、再起動時までに凍結を起こす温度まで冷却されないようにして燃料電池の凍結を防止することができる。

【0016】燃料電池の昇温は電池自体の発熱によって行われるため、少ない燃料消費量で効率的に燃料電池の

温度を高めることができ、また、燃料電池のみが加熱されることから燃料電池以外の部分、特に、熱を加えることが好ましくない部位が加熱されるのを避けることができる。また、システム停止中に加熱装置が自動的に作動したり、燃料電池システムが自動的に再起動することがないので、システム停止中にこれらの動作が運転者の意思とは無関係に行われるといった事態を回避することができる。

【0017】ここで、昇温処理は、燃料電池の温度をモニタし、燃料電池の温度が所定の高温に達するまで行うようにすれば、燃料電池の昇温を確実に行うことができる（第2の発明）。燃料電池の温度をモニタする代わりに昇温処理の継続時間から燃料電池の温度が所定の高温に達したか判断するようにしてもよく（第3の発明）、これによれば燃料電池の温度を検出するセンサが不要になるという利点がある。

【0018】このとき、外気温度が低いほど燃料電池の温度の降下度合いも強いことから、外気温度が低いほど上記所定の高温度を高めに設定するようにすれば、より凍結防止効果を高めることができる（第4の発明）。このことは、外気温度が比較的高い場合において必要以上に昇温処理が継続されるのを防止することにもなり、余計な燃料消費を抑えて昇温処理をより効率的に行うことができる。

【0019】また、電池温度を上記所定の高温まで高めるのに必要な燃料が残っていないときは、たとえ昇温処理を行っても凍結防止に必要な温度まで電池温度を高めることができないので、このような場合は昇温処理を行わないようにする（第5の発明）。これによって無駄な昇温処理が行われるのを防止し、燃料消費量を抑えることができる。ただし、この場合、燃料電池の凍結が起こりうるので、燃料電池が凍結した場合にはバーナー、ヒーター等で燃料電池を外部から加熱する必要性が生じる。

【0020】また、システムの停止時間が短ければ上記昇温処理を行わなくても燃料電池の温度が凍結温度まで降下しない場合があり、このような場合は上記昇温処理を行わないようにすることで燃料の消費量をさらに抑えることができる（第6の発明）。

【0021】また、上記昇温処理によって発電された電力をバッテリーに蓄えるようにすれば、昇温処理に要したエネルギーの一部を回収することができ、エネルギーの有効利用を図ることができる（第7の発明）。

【0022】これらの発明は、特に、燃料電池が固体高分子型燃料電池セルあるいはリン酸型燃料電池セルで構成される場合等、燃料電池が加湿を必要し、水分の凍結が起こると燃料電池の故障や再起動不良の原因となる場合に有効である（第8の発明）。

【0023】

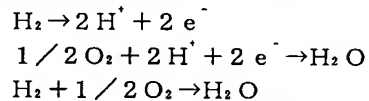
【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき本発明の

実施の形態について説明する。

【0024】図1は本発明に係る燃料電池システムの概略図である。燃料電池システムは、燃料電池1、その制御を行うコントローラ3、昇温運転時に発電された電力を充電するバッテリー2、スイッチ5、6を主な構成要素としており、この燃料電池システムには負荷装置4が接続されている。

【0025】燃料電池1は固体高分子型燃料電池セル（あるいはリン酸型燃料電池セル）で構成され、動作中に加湿が必要な燃料電池である。コントローラ3はCPU、RAM、ROM、入出力ポート等で構成され、以下に説明するシステム停止時の燃料電池1の昇温処理等を行う。

【0026】負荷装置4は燃料電池1からの電力を受け駆動力を発生するモータである。モータの駆動力は、例えば燃料電池を搭載する車両における車軸を介して車両*



式(1)はアノード電極反応、式(2)はカソード電極反応である。式(3)は電池全体で起こる化学反応を示している。

【0030】燃料電池1はその他、燃料ガスを供給する配管12、酸化剤ガスを供給する配管13、冷却剤（冷却水）を供給する配管14、冷却剤と外気との間で熱交換を行う熱交換器16、冷却剤タンク17、冷却剤の流量を調節するバルブ15、および冷却剤を循環させるポンプ18、電池本体11の温度を検出する温度センサ19、配管選択部20を備える。

【0031】上記燃料電池システムを停止させる際には、電池本体11の冷却機能を低下させるとともに上記電気化学反応を継続させ、電池本体11自身の発熱によって電池本体11を昇温させる。固体高分子型燃料電池で現在用いられているスタックの構成要素のうち、一部のガスシール材質を除いては電解質膜、ガス拡散層、セパレータ等ある程度の温度までの耐熱性を有しているので、電池本体11は所定の耐熱温度まで加熱することができる。

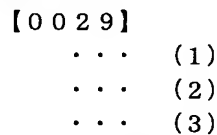
【0032】熱交換器16は冷却剤主配管14を通過してきた冷却剤の温度を下げる機能を有しているが、電池本体11を昇温させる場合には冷却剤の循環速度を低下させることで逆に冷却機能を低下させることができる。更に、配管選択部20により冷却剤を熱交換器16に通さない状態にすることもでき、この場合さらに冷却機能が低下し、電池本体11の昇温降下が高められる。なお、昇温温度が高くなると電池本体11内で水蒸気が溜まることを考慮し、電池本体11には適度なガスパージ口を取り付けるようにしてもよい。

【0033】次に、上記燃料電池システムの停止時に行われる燃料電池1の昇温処理について図3に示すフロー

*の前輪および/または後輪に伝えられ、車両を走行させる駆動力となる。

【0027】燃料電池1はスイッチ5、6を介して負荷装置4およびバッテリー2に接続することができる。システム稼動中は燃料電池1と負荷装置4が接続され、システムを停止させる際に行われる昇温処理中は、燃料電池1とバッテリー2が接続される。バッテリー2は、鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、リチウム電池、ニッケル水素電池等の充電可能な2次電池である。

【0028】図2は燃料電池1の概略構成を示す。燃料電池1の電池本体11は構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。この電池本体11は負極側に水素等の燃料ガスが供給され、正極側には酸素等の酸化剤ガスが供給され、以下の化学反応によって起電力を得る。



チャートを参照しながら説明する。このフローはシステムを停止させる際にコントローラ3において実行される。

【0034】システムを停止させる際には、まず、温度センサ19によって検出された電池本体11のセル温度（以下、「電池温度」）Tcell、温度センサ22により検出された外気温度Toutが読み込まれる（ステップS1）。そして、コントローラ3に接続された入力装置21を介して入力された運転者が予測する停止時間teが読み込まれ（ステップS2）、これと外気温度Toutとに基づき、燃料電池1の昇温動作を行うか否かが判断される。

【0035】具体的には、外気温度Toutと電池温度Tcellとに基づき、燃料電池1が自然放熱によって所定の低温度Tlow（例えば、0℃）まで冷却されるまでの時間（以下、「冷却時間」）tcが予測され（ステップS3）、この冷却時間tcよりシステムの停止時間teが長いかなにかにより昇温動作の必要の有無が判断される（ステップS4）。

【0036】システムの停止時間teが電池の冷却までの時間tcよりも短い場合は、昇温処理を行わなくても次回起動時の電池温度Tcellが上記所定の低温度Tlowまで低下しないので、昇温処理を行うことなく燃料電池が停止される（ステップS4→ステップS12）。これにより不必要な昇温処理が行われるのを防止し、燃料消費量を抑えることができる。但し、この場合であっても外気温度Toutの温度変化履歴等を参照して適度な昇温を行うようにしてもよい。例えば、外気温度Toutが低下傾向にあり、電池温度Tcellが上記所定の低温度Tlowまで低下しうると判断して昇温処理を行うようにしても良い。

【0037】一方、停止時間teが冷却時間tcよりも長い

場合は、停止時に燃料電池 1 を所定の高温 T^* まで昇温させ、再起動時までに燃料電池 1 の温度が凍結を起こす所定の低温 T_{low} まで低下しないようにする。

【0038】ここで、所定の高温 T^* は、外気温度 T_{out} が低いほど、またシステム停止時間 t_e が長くなるほど電池温度 T_{cell} の降下度合いが大きくなることから、外気温度 T_{out} が低くなるほど、システム停止時間 t_e が長くなるほど高い温度に設定される。また、所定の高温 T^* は外気温度 T_{out} が氷点下以下になるかならないかで適宜変えるようにしてもよい。

【0039】ただし、システムの停止時間 t_e が長い場合であっても、停止時間 t_e が冷却時間 t_c と比べて長すぎるため、燃料残量 $F1$ を全て使っても凍結を防止するのに必要な温度 T^* まで昇温できない場合、すなわち電池温度 T_{cell} を所定の高温 T^* まで昇温させるのに必要な燃料量 $F2$ が燃料残量 $F1$ よりも多い場合は、昇温処理を行っても結局その昇温処理は無駄になるので、昇温処理を僅かにするもしくは全く行わないようにする。必要燃料量 $F2$ は温度 T^* 、現在の電池温度 T_{cell} 等に基づき演算することができる。

【0040】さらに、所定の高温 T^* が電池構成部材に影響を与えるほど高温 $(T^* > T_{uplim})$ に設定された場合も、燃料電池 1 の機能劣化を引き起こす原因となることから、昇温動作を僅かにするもしくは全く行わないようにする（ステップ S5 から S8 → ステップ S12）。上限温度 T_{uplim} は制御プログラムにあらかじめ組み込むことができ、これは燃料電池 1 の構成部材の劣化に影響を及ぼさない範囲で任意に設定することができる。

【0041】燃料残量 $F1$ は、貯蔵されている水素を燃料電池に直接供給するダイレクト水素型燃料電池システムでは水素の貯蔵量、メタノール等の炭化水素燃料を改質して得られる水素を燃料電池に供給する改質型燃料電池システムでは炭化水素燃料の残量であり、燃料タンク等に取り付けられている燃料残量センサ 23 によって検出される。燃料残量 $F1$ は満タン時からの燃料消費量を求め、燃料タンク等の最大容量から燃料消費量を減じることによって求めるようにしてもよい。

【0042】システムの停止時間 t_e が冷却時間 t_c よりも長く、かつ燃料量 $F1$ で可能な範囲の昇温処理が必要とされる場合（ $F1 > F2$ ）は、燃料電池 1 の温度が所定温度 T^* まで上昇するまで昇温処理が行われる（ステップ S9 から S11）。昇温処理はバルブ 15 を絞って燃料電池 1 への冷却剤の流量を減少あるいはポンプ 18 を停止して燃料電池 1 への冷却剤の供給を停止させるとともに、燃料電池 1 を継続して運転（燃料を供給）することで行われる。

【0043】さらに、所定温度 T^* が高く昇温効果を高める必要があるときは、配管選択部 20 により熱交換器 16 に冷却剤が流通しないようにし、また、冷却剤の沸点

温度以上に電池温度 T_{cell} を昇温させる必要があるときは燃料電池 1 内から冷却剤を排出した上で燃料電池 1 を作動させ、燃料電池 1 の昇温を行うようにしてもよい。

【0044】このような昇温処理は温度センサ 19 によって検出される電池温度 T_{cell} が所定の高温 T^* に達するまで継続され、所定温度 T^* に達すると燃料電池 1 への燃料ガスと酸化剤ガスの供給が停止されて燃料電池 1 の運転が停止される（ステップ S12）。

【0045】なお、ここでは電池温度 T_{cell} が所定温度 T^* に達するまで昇温処理を継続するとしているが、コントローラ 3 のメモリ内にあらかじめ燃料電池 1 をある温度から所定の高温 T^* まで加熱するのに要する時間を例えばテーブルやマップといった形で記憶しておき、昇温処理開始時からの経過時間がこれらテーブルやマップを参照して得られる所定時間に達したときに電池温度 T_{cell} が所定温度 T^* に達したと判断するようにしても良い。

【0046】また、昇温処理に伴い燃料電池 1 が発電した電力はバッテリー 2 に蓄えられるので、エネルギーロスの少ない燃料電池 1 の昇温が実現される。バッテリー 2 に蓄えられた電力は、その後必要に応じて、例えば、システム再起動時に必要な電力やシステム停止時に必要な電力として利用することができる。

【0047】図 4 は本発明による上記昇温処理の効果を確認するために行った燃料電池の温度降下実験の結果を示したものである。実験は、温度を一定にした恒温室内（ -10°C ）で、周囲を断熱材にて断熱した燃料電池 10 セルを準備し、また、できるだけ放熱を避けるために各種配管にも断熱を施して行った。

【0048】図中実線は、本発明を適用しない場合に対応し、電流密度 1 A/cm^2 にてセル温度、循環する冷却剤温度が一定（ 333 K ）になるまで連続的に作動させた後、燃料電池を停止させ、その後そのまま放置した場合の電池温度の変化を示す。一方、図中破線は、本発明を適用した場合に対応し、冷却剤の循環速度を制御して燃料電池を昇温させ、セル温度が 368 K に達した時点で燃料電池を停止し、放置したときの電池温度の変化を示す。なお、いずれの場合も放置開始時を時間 0 としている。

【0049】これに示されるように、燃料電池を停止する際の電池温度を高くしておけば停止後の燃料電池の温度も高く維持され、燃料電池の凍結が起こるまでの時間を図中矢印 A で示すように遅らせることができる。本発明では、外気温度等に応じて燃料電池が停止時に十分昇温されることから、燃料電池が凍結する前に燃料電池を再起動することができ、燃料電池の凍結を防止することができる。

【0050】なお、本実施例の様に燃料電池と外気との間に適宜断熱処理を施すことで凍結温度に到達する迄の時間をさらに延長させることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃料電池システムの概略構成図である。

【図2】燃料電池の構成概略図である。

【図3】燃料電池の昇温処理の内容を示したフローチャートである。

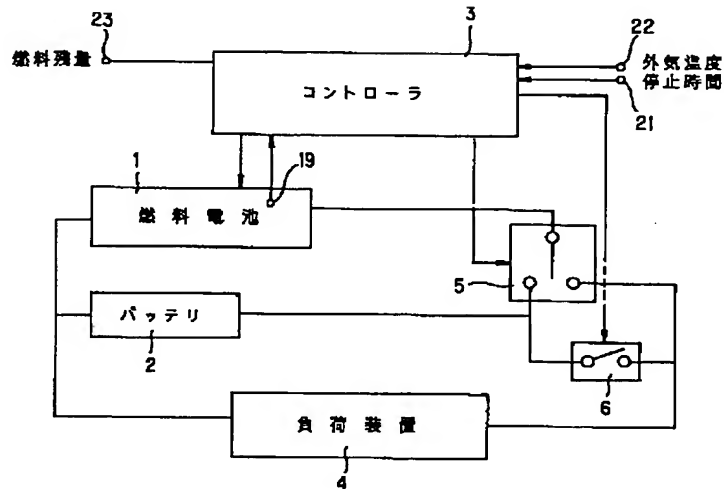
【図4】システム停止後の電池温度変化を示したタイムチャートである。

【符号の説明】

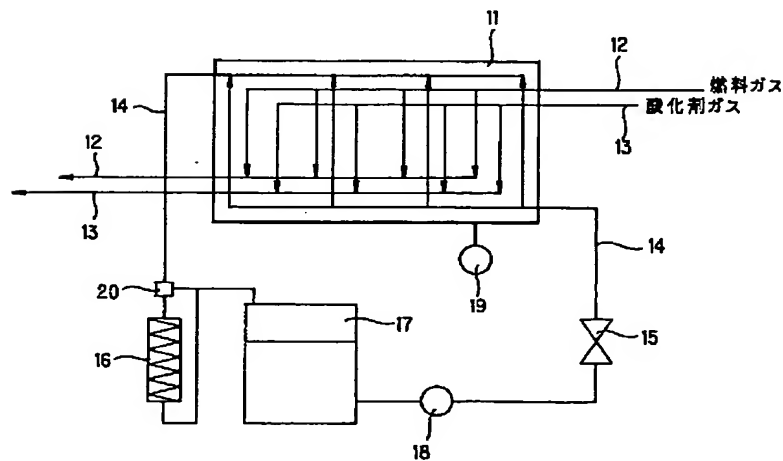
- 1 燃料電池
2 バッテリ
3 コントローラ
4 負荷装置
5、6 スイッチ

- * 11 電池本体
12 燃料ガス配管
13 酸化剤ガス配管
14 冷却剤配管
15 バルブ
16 熱交換器
17 冷却剤タンク
18 ポンプ
19 温度センサ
10 20 配管選択部
21 入力装置
22 温度センサ
* 23 燃料残量センサ

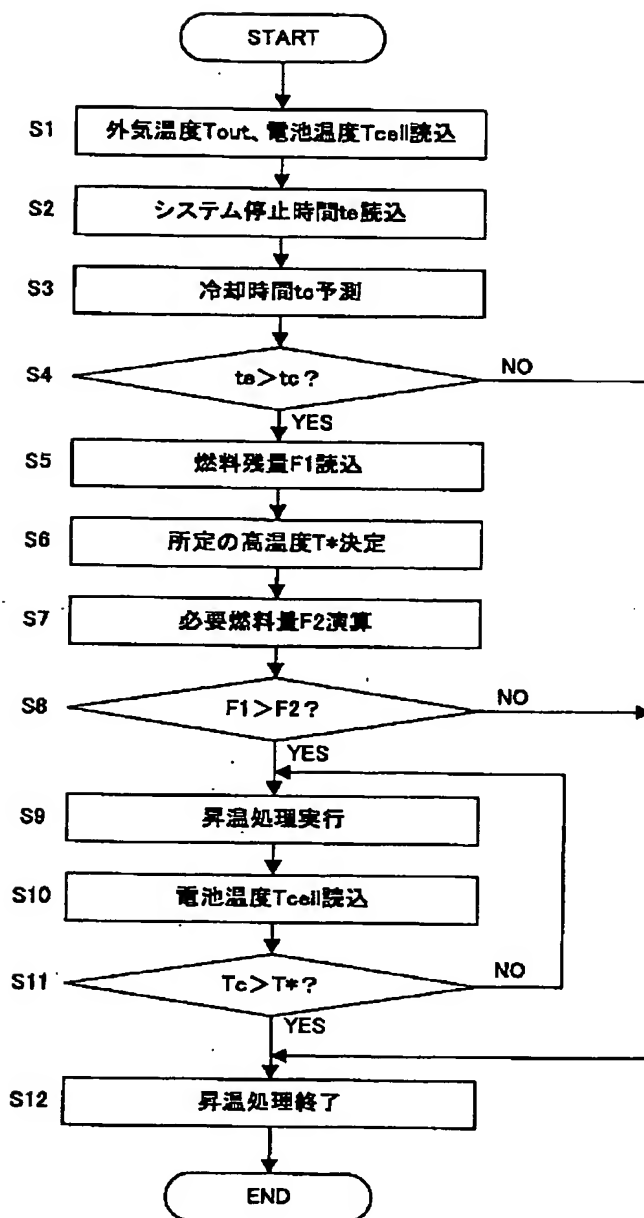
【図1】



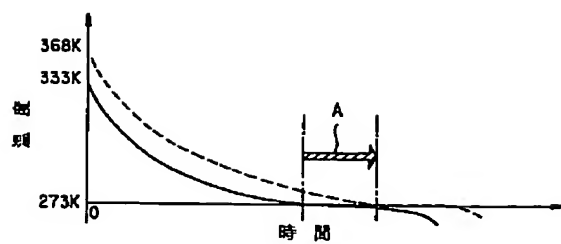
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H026 AA04 AA06
5H027 AA04 AA06 BA01 BA13 CC06
DD03 KK41 KK46 MM16